FACULTÉ DE MÉDECINE DE STRASBOURG

ANNÉE 1930 № 15

THÈSE

présentée pour

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

par

HENRI MULLER

né à Strasbourg le 21 octobre 1902

Contribution à l'étude des eaux minérales de Pechelbronn

Président: M. FONTES, Professeur

Travail de l'Institut d'Hydrologie et de Climatologie thérapeutique

STRASBOURG
Imprimerie Ch. & J. Goeller, 6c Place d'Austerlitz
1930

FACULTÉ DE MÉDECINE DE STRASBOURG

ANNÉE 1930 № 15

THÈSE

présentée pour

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

par

HENRI MULLER

né à Strasbourg le 21 octobre 1902

Contribution à l'étude des eaux minérales de Pechelbronn

Président: M. FONTES, Professeur

Travail de l'Institut d'Hydrologie et de Climatologie therapeutique

STRASBOURG
Imprimerie Ch. & J. Goeller, 6c, Place d'Austerlitz
1930

FACULTÉ DE MEDECINE DE STRASBOURG

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

Doyen	MM. ANCEL ✻ ✪ I.
Assesseur	MERKLEN ✻ ✪ I.

Professeurs

Embryologie.	MM. ANCEL ✻ ✪ I.
Anatomie	FORSTER ✻ ✪ I.
Histologie	BOUIN O. ✻ ✪ I.
Physiologie	SCHAEFFER ✪ A.
Physique biologique. . . .	VLÈS ✻ ✪ I.
Chimie biologique	NICLOUX ✻ ✪ I.
Anatomie pathologique . . .	MASSON ✻ ✪ I.
Pharmacologie, Médecine expérimentale	AMBARD ✻ ✪ I.
Hygiène, Bactériologie. . . .	BORREL C. ✻ ✪ A.
Médecine légale	CHAVIGNY O. ✻ ✪ I.
Clinique médicale	MERKLEN ✻ ✪ I. N. . .
Clinique chirurgicale	LERICHE O. ✻ ✪ I. STOLZ ✻ ✪ I.
Clinique ophtalmologique. . .	WEILL ✪ I.
Clinique dermatologique . . .	PAUTRIER ✻ ✪ A.
Clinique psychiatrique	PFERSDORFF ✻ ✪ I.
Clinique neurologique	BARRÉ ✻ ✪ A.
Clinique gynécologique et accouchements	REEB ✪ A.
Clinique infantile.	ROHMER ✻ ✪ I.
Clinique oto-rhino-laryngologique	CANUYT ✪ A.

Professeurs sans chaire :

MM. ARON Max ✪ A.
BELLOCQ ✪ I.
FONTÈS ✪ A.
GÉRY ✪ A.
SCHWARTZ ✪ A.

Chargés de cours et Agrégés

MM. BLUM (Paul) ✻ ✪ I.
GELMA ✪ A.
GUNSETT ✻ ✪ A.
HANNS ✻ ✪ A.
HUMBERT ✻ ✪ A.
KELLER ✪ A.
LARROUSSE
SIMON ✻
VAUCHER ✪ A.
WEISS A.

Serment d'Hippocrate.

En présence des maîtres de cette école, de mes chers condisciples, je promets et je jure au nom de l'Etre suprême d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la médecine. Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au dessus de mon travail.

Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe.

Ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime.

Respectueux et reconnaissant envers mes maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis resté fidèle à mes promesses! Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque!

A MON PERE ET A MA MERE

A MON ONCLE LE DOCTEUR HAUSMANN

témoignage de mon affection et de
ma gratitude profonde

A MES SOEURS

A MON FRERE

A MES AMIS

À MES MAITRES
DE LA FACULTE DE MEDECINE
DE STRASBOURG

A MES MAITRES
DE LA FACULTE DE SCIENCES
DE STRASBOURG

A MONSIEUR LE PROFESSEUR FONTES

pour le grand honneur qu'il m'a fait en acceptant la présidence de cette Thèse

A MONSIEUR LE DOCTEUR PAUL BLUM

Directeur de l'Institut d'Hydrologie et de thérapeutique

qui a bien voulu m'inspirer le sujet de cette thèse et me guider de ses excellents conseils

A MON JURY DE THESE

A MADEMOISELLE ACHARD

Chef des travaux d'hydrologie à la Faculté de Médecine

qui a bien voulu m'aider pendant la poursuite de mon travail

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548014_0006

Historique

L'eau minérale de Pechelbronn a vu le jour à l'occasion de forages pratiqués pour la recherche du pétrole.

L'exploitation industrielle du bassin pétrolifère de Pechelbronn a d'abord fait jaillir du sol une huile quelque fois pure ou à peu près pure. Les premiers forages ont donné une huile brute, sèche, non accompagnée d'eau salée. Peu à peu cette eau salée apparut plus souvent, surtout avec les pompages. En certains points, l'eau est plus abondante que dans d'autres, notamment dans les terrains entre-coupés de petites failles. Cette eau salée paraît avoir été enfermée dans les gisements lors de leur formation et s'être accumulée dans leur partie la plus profonde.

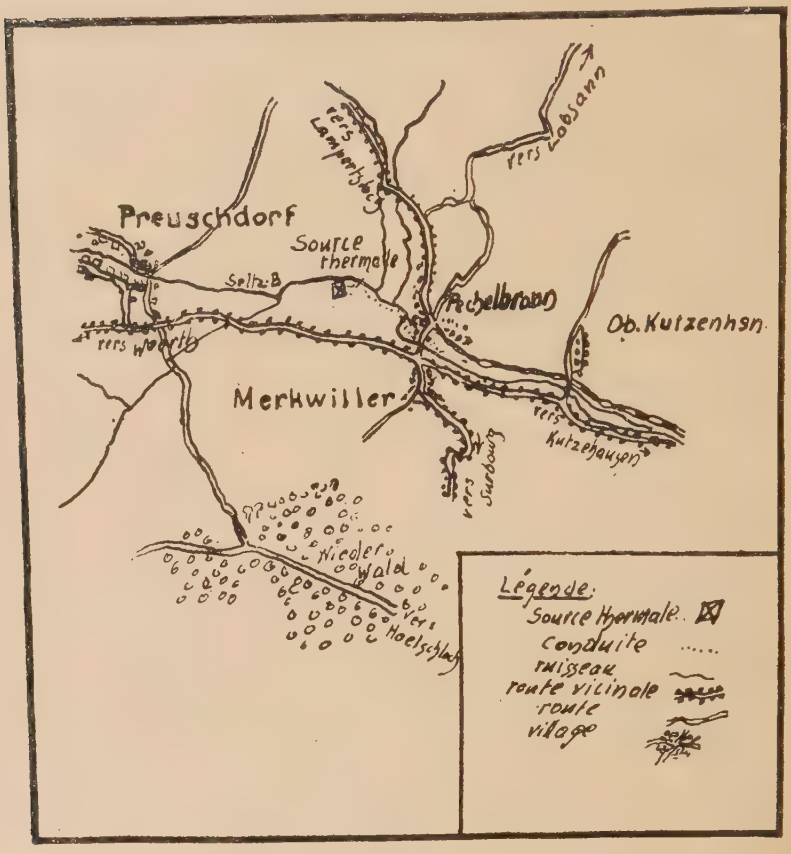
Aux profondeurs où l'huile ne se rencontre plus ou bien se trouve en moindre quantité, les forages ont atteint des sources salées ou thermales. Parfois ces sources n'ont jailli que pendant peu de temps. C'est ainsi que des sondages profonds de 500 à 600 mètres firent jaillir des sources qui, après avoir débité 20 à 50 litres par minute ont cessé de couler au bout de peu de jours.

Mais d'autres fois les forages firent venir des sources thermales qui n'ont pas cessé de débiter

Nous tenons dès maintenant à remercier très vivement M. le Directeur de la Société de Pechelbronn ainsi que ses collaborateurs scientifiques pour l'amabilité avec laquelle ils ont mis à notre disposition tous les documents dont nous pouvions avoir besoin et réalisé pour nous des installations spéciales qui nous ont permis de faire nos mesures dans les meilleurs conditions possibles.

depuis le moment de leur apparition comme celle de Morsbronn (sondage GGH) ou de Pechelbronn (sondage No. 1266).

C'est le 14 janvier 1910 qu'un forage poussé à une profondeur un peu exceptionnelle à 938



mètres (celles de Morsbronn n'ayant que 4 à 500 mètres de profondeur) donna issue à une eau thermale à grand débit. Ce sondage est situé à 800 mètres au Nord-Est de Merkwiller aux abords de la rive sud du petit ruisseau le Seltzbach, sur un terrain de la commune de Preuschdorf. (V. carte).

Le sondage fut commencé le premier février 1909 et terminé le 1er octobre 1910 à une profondeur de 1157 mètres 10. Le prix de revient a été de 26 Marks par mètre. Pénétrant à une profondeur de 441 mètres le forage amena quelques traces d'huile et à 495 mètres une source d'eau salée. A une profondeur plus grande à 938 mètres une eau chaude fit issue.

Le journal de sondage donne quelques mesures relatives au débit et à la température de la source.

20. 10. 09	938	39°	1500 l.
20. 1. 10	941	50°	3000 l.
25. 1. 10	976	53°	5400 l.
11. 2. 10	1060	65°	18000 l. (1)

Nous croyons que ces dates et chiffres n'indiquent nullement, comme on l'a interprété, qu'à des profondeurs différentes (à 941 m, à 976 m...) on aurait rencontré plusieurs sources, de température et débit différents et qu'il s'agirait de plusieurs nappes d'eau. Mais les mesures nous donnent la température et le débit de la même source, mesurée pendant le forage à fur et à mesure que l'on avançait vers la profondeur. Le tuyautage unique à partir de 600 m n'aurait d'ailleurs pas permis de différencier plusieurs nappes d'eau. Un coup d'œil rapide sur le tableau de mesures ci-dessus démontre nettement que température et débit se sont égalisés lentement et sont devenus constants. Ceci se comprend facilement par le déblayage progressif et par

(1) Chiffre une seule fois mentionné dans les documents, le débit constamment mesuré par la suite a toujours été de 12.000 l. par heure.

la perte de chaleur, car au début, l'eau a dû préalablement chauffer l'ensemble de la tuyauterie.

Par contre il se pourrait qu'à mesure que s'enfonçait le forage, on ait rencontré de nouveaux apports d'eau, mais qu'il n'était pas possible de différencier à cause de la tuyauterie unique à ces profondeurs. Le débit de la source s'étant égalisé en même temps que sa température, une première analyse de la source fut effectuée en avril 1910 par le professeur Fresenius de Wiesbaden. Le débit était à ce moment de 200 l. par minute. La source n'a jamais cessé de couler et l'on n'a jamais remarqué de grandes variations dans son débit. Deux analyses effectuées à 14 ans de distance se sont montrées assez semblables. Nous exposerons en détail ces résultats au chapitre Analyse chimique.

L'eau de la source amène avec elle un bouillonnement gazeux qui fut analysé à plusieurs reprises en 1912 par Czako et en 1920 par Lepape. Déjà Fresenius et Czako l'ont mesurée. Fresenius avait prétendu que les émanations seraient dues non seulement au «Radium que l'eau tiendrait en dissolution, mais aussi à la présence de corps radioactifs tels que thorium et helium». En avril 1920, Moureu et Lepape faisant l'analyse des gaz ainsi que de plusieurs sources d'huile proposèrent à l'ancien directeur de Pechelbronn, Monsieur de Chambrier, d'exploiter l'Helium et de le considérer comme un sous-produit de l'industrie pétrolifère de Pechelbronn.

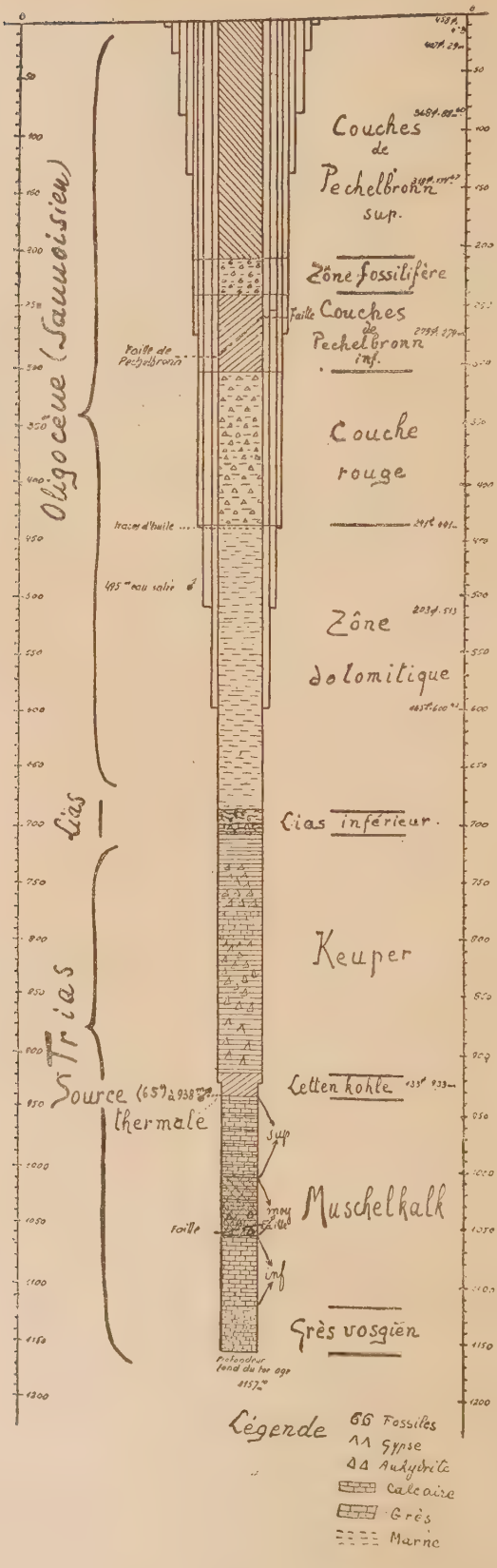
Ainsi que pour l'eau nous donnerons plus loin le détail de résultats obtenus pour l'analyse des gaz et pour la radioactivité.

La source a été expérimentée par les rhumatisants de la région. Elle est actuellement bien connue et réputée. Dans une baraque assez primitive ne contenant que 2 baignoires, les gens du pays attendent des heures entières pour pouvoir prendre leur bain. C'est surtout pendant l'été, que les bains sont fréquentés souvent avec une moyenne de 1000 bains par mois ce qui fait quelquefois une moyenne de 20 bains par baignoire et par jour.

D'une façon empirique, les rhumatisants ont expérimenté la source. Les médecins de la région ont reconnu certaines indications thérapeutiques dont nous parlerons plus tard.

Profil et coupe de terrain

de la source thermale de Pechelbronn



Etude géologique

La région de Pechelbronn a été bien étudiée au point de vue géologique grâce à l'exploitation du pétrole. Le travail de MM. Gignoux et Hoffmann sur le bassin pétrolifère de Pechelbronn, nous démontre les différentes couches que l'on rencontre dans cette région.

La coupe, reconstituée d'après le sondage de notre source et dont nous avons déjà spécifié la situation topographique (p. 10 et fig. 1) est assez typique du bassin de Pechelbronn. M. van Werwecke, l'ancien directeur de la carte géologique a fait une expertise sur les échantillons ramenés par le forage.

Les couches les plus profondes représentent la coupe typique du trias et de la région germanique.

On y trouve *le grès bigarré supérieur* 1117 m — 1157 m 10. C'est cet étage qui constitue le fond du sondage.

Au dessus le *Muschelkalk* commence avec le Muschelkalk inférieur 1059 m. — 1117 m. constitué par des marnes grises avec des couches calcaires, mais sur lequel nous n'avons pas d'autres renseignements et auquel fait suite le Muschelkalk moyen. (1003 m — 1059 m). Ce Muschelkalk moyen représenté par des dolomies, de l'anhydrite (Anhydrit-

gruppe) et argiles colorés, a son épaisseur réduite par une faille passant à 1055 m. Le Muschelkalk (Hauptmuschelkalk) est représenté par le calcaire à entroque et le calcaire à cératites (Nodosuskalk) ainsi que par une couche à dolomie.

Au-dessus, nous trouvons la *Letten-Kohle* (que les auteurs allemands ont rangé dans le Keuper) représenté par le Grenzdolomit (Dolomie limite).

La source thermale se trouve au contact de la Lettenkohle et du Muschelkalk supérieur à une profondeur de 938 mètres (1).

Puis nous trouvons le *Keuper* (profondeur entre 720 mètres et 915 mètres) avec le Salzkeuper, marnes gris-verdâtres, le Schilfsandstein ou grès à roseaux, des argiles colorés et des marnes bariolées vertes ou rouges (Steinmergel et Hauptsteinmergel).

Au-dessus du Keuper nous trouvons le *Rhétien* ou Keuper supérieur des auteurs allemands (profondeur 706 mètres — 720 mètres avec des marnes rouges et rouge-vertes).

Puis le *lias inférieur* représenté par deux couches, l'une calcaire avec empreintes de fossiles et gypse, l'autre marne grise schisteuse avec empreinte de fossiles.

Au-dessus du lias inférieur une couche haute de 245 mètres représentée par la zone dénommée *dolomitique* (441—686 m.). Elle comprend à la base une couche de marne et pierre (460 m.—686 m.). C'est du sein de cette couche que sort une source

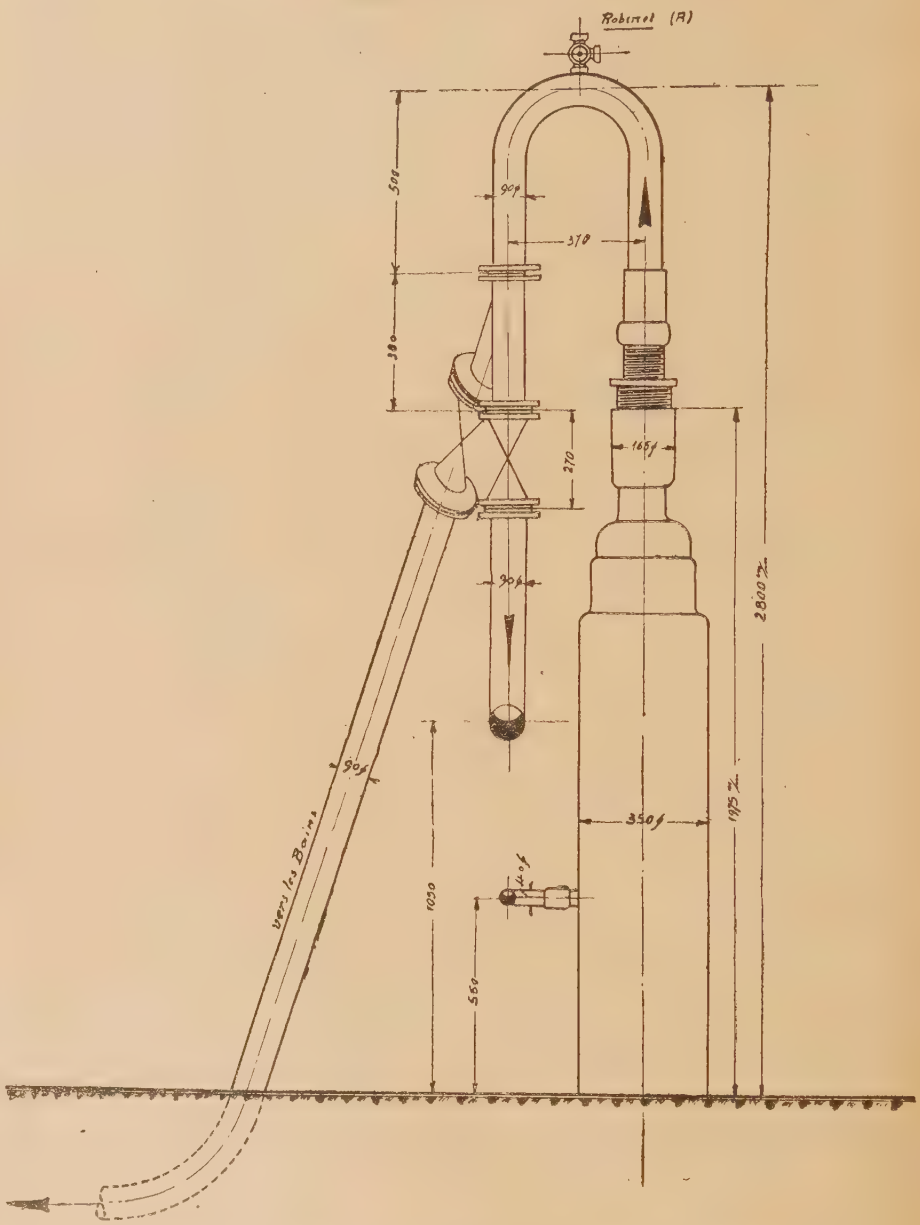
(1) Les forages ne descendent pas en général à la profondeur du Keuper ou de la Lettenkohle. Donc l'eau thermale se distingue nettement déjà au point de vue géologique des eaux salées rencontrées dans les couches de Pechelbronn, gisements du pétrole.

d'eau salée à 495 mètres dont le débit avait été évalué à 150 l/h au moment de forage, mais qui a beaucoup baissé aujourd'hui. La partie supérieure de la zone dolomitique est représentée par de la marne gris-verdâtre et du grès grossier.

Au-dessus des marnes calcaires dolomitiques, se trouvent des marnes rouges: *Couche rouge directrice* (303—441 m.)). A la limite entre les marnes grises de la zone dolomitique et les marnes rouges de la couche rouge, on a trouvé des traces d'huile. Au-desus ni huile ni eau.

Les parties supérieures de la carotte de sondage sont représentées par les *couches de Pechelbronn* (0—303 m.): Couche de Pechelbronn inférieure 240 m.—303 m., zone fossilifère (208 m.—240 m.) et couche de Pechelbronn supérieure (0 m.—208 m.). La couche de Pechelbronn inférieure est traversée par une faille.

Nous donnons la reproduction d'une coupe schématique passant par le sondage et qui nous a été aimablement communiquée par la Société de Pechelbronn. Nous y avons ajouté certains renseignements tirés de la coupe détaillée ainsi que du journal de sondage. Cette coupe donne les différents niveaux que nous avons énumérés et met en place les tuyaux de sondage. Nous insisterons dans le chapitre suivant sur la manière dont a été fait le captage.



SOURCE THERMALE DE PECHELBRONN

— DISPOSITIF DE CAPTAGE —

Echelle 1:10

Captage

Le sondage est garni de neuf tubages en acier concentriques, représentés sur la coupe. Le tubage du plus petit diamètre (133 mm.) s'arrête à la profondeur de 933 m. De cette profondeur jusqu'au fond (1.157 m. 10), le trou n'est revêtu d'aucun garnissage. L'eau chaude sort donc librement du terrain et telle l'eau d'un puits artésien jaillit jusqu'à la surface, sans se mélanger aux venues d'huile et d'eau salée rencontrées aux profondeurs respectives de 438 et 494 m., lesquels sont isolés par deux des tubages concentriques.

Un peu d'huile remonte néanmoins jusqu'à la surface le long des tubes, extérieurement au tube amenant notre eau thermale et sans la souiller. Elle s'écoule en haut goutte par goutte par un tuyau figuré sur notre dispositif de captage.

A la surface et sur le tubage de 133 mm. est vissé un tube en acier coudé sur lequel sont branchés deux tuyaux de 90 mm. de diamètre.

Ces deux canalisations sont munies, à leur point d'insertion avec le tube issu du sondage, de vannes de fermeture. Ces vannes corrodées par les sels déposés par l'eau, ne peuvent depuis longtemps plus être manœuvrées. Une canalisation fermée ordinairement conduirait l'eau dans la rivière. L'autre canalisation enterrée dans une rigole à une vingtaine de centimètres conduit l'eau chaude jaillissant du sondage à un baraquement en bois B (v. carte) et à l'établissement de bain Engel (E).

Le baraquement est situé aux abords de la Seltz sur le chemin de Merkwiller à Lampertsloch, à 500 mètres du sondage. Il contient deux baignoires où viennent se traiter depuis longtemps les rhumatisants de la région.

L'établissement de bain Engel est annexé à l'hôtel Engel et situé à 80 mètres du sud-ouest du baraquement en bois. On avait projeté de prolonger les canalisations de cette longueur, mais pour raccourcir le trajet, on les a abouchées plus haut (derniers travaux en cours).

Sur la canalisation entre les points situés à 320 m. et 340 m. du sondage est branchée une dérivation utilisée en hiver pour le rechauffement d'huile dans un bassin de l'usine.

Le tube qui aboutit au baraquement se divise en deux, dont l'un traverse la Seltz, de telle façon qu'au besoin l'eau puisse être refroidie sans qu'il soit nécessaire d'ajouter à l'eau thermale, des eaux froides tirées de la surface.

L'eau non utilisée par les bains est évacuée dans la Seltz par un tuyau de trop plein.

Au débouché de la tuyauterie de 500 m. de longueur partie enterée partie sur terre, M. Fénelon ingénieur des Mines et M. Hoffmann, géologue de Pechelbronn ont mesuré la température et le débit de l'eau, à plusieurs reprises. Ils ont d'ailleurs constaté que l'eau n'était soumise à aucune opération de décantage, ni de gazéification.

Echantillonage

Les premières données sur la non-variation de la composition d'une eau minérale peuvent être obtenues, ainsi que l'indique (1) M. Guillerd par l'étude de la température et de la détermination de la conductivité électrique.

A la tête du sondage, la température a été prise plusieurs fois depuis 1910 et sauf une valeur donnée par Czako n'a pas montré de très grandes variations.

Date	Température	Auteurs
Avril 1910	65°	Frésenius
Avril 1912	67°5 (!)	Czako
Mai 1920	65°	Lepape
Décembre 1929	65°	Mesures personnelles
Janvier 1930	65	Mesures personnelles

Au débouché de la tuyauterie les mesures ont donné le résultat suivant:

Date	Température		Auteurs
	Air	Eau	
16. XII. 24	—2°	51° 1/4	Fénelon-Hoffmann
8. XII. 25	—5°	51°	Fénelon-Hoffmann
26. XI. 29	+8°	52°	Fénelon-Hoffmann
23. XII. 26	—4° 1/2	51° 2/10	Mesures personnelles

Là aussi les températures se sont montrées pratiquement invariables.

Nous n'avons pas de mesures de conductivité qui auraient été prises sur un long intervalle de temps en dehors de celles que nous donnons sur ce tableau.

(1) Guillerd, Annales d'Hygiène 1924 p. 492 et 520.

Date			Conductivité
27. XI.	29	Eau transportée à 20°	0,0181
23. XII.	29	Eau transportée à 20°	0,0166
12. I.	30	Eau transportée à 20°	0,0148
31. I.	30	Eau chaude au griffon 63°	0,0178

Les échantillons d'eau sur lesquels nous avons fait des mesures au laboratoire ont été prélevés dans des ballons de verre Pyrex, refroidis rapidement dans un mélange refrigérant de glace et de sel, bouchés et cachetés.

Notons que ces mesures de conductivité sur divers échantillons n'ont pas été comparables. Cela peut tenir en partie aux conditions de prélèvement, mais nous pensons que l'eau peut subir des modifications et n'être pas toujours identique à elle-même.

Étude physico-chimique(1)

I. *Densité.*

La densité a été mesurée à 20° par la méthode du flacon.

Date	
Mars 1930	D=1.009 (7)

La valeur trouvée par Fresenius en avril 1910 était de 1.007 à 65°, celle de Sartory de 1.008 à 15°, donc valeurs comparables à la nôtre.

II. *Abaissement cryoscopique.*

Mesuré par la méthode de Raoult-Beckmann sans correction relative à la température du refrigérant.

Date	△ Sondage	△ Bains
26. XI. 29	0.86	0.88 (5)
12. I. 30	0,87	
	0,84	
22. I. 30	0,85	
5. II. 30	0,825	
III. 30	0,855	

Les différences de valeur que nous trouvons par la cryoscopie nous amènent à une conclusion analogue à celle que nous avons formulée pour la conductivité (page 22).

(1) Pour les techniques voir: *Vlès:* Travaux pratiques de physique biologique et chimie physique, Vigot Paris 1927 et *Ollivier* Travaux pratiques de physique générale (Libr. Herrmann 1924).

Concentration moléculaire

Connaissant $\triangle$, on peut calculer la concentration moléculaire d'après la loi de Raoult:

$$\frac{i\,C}{M} = \frac{\triangle}{1{,}87}$$

C = concentration exprimée en grammes par litre du solvant

i = coëfficient d'ionisation

M = poids moléculaire de la substance dissoute

1,87 = abaissement moléculaire de l'eau.

Pour l'eau de Pechelbronn, la concentration moléculaire a été de:

	Eau sondage	Eau bains
$\frac{iC}{M}$	0.45	0.47

Pression osmotique

De même, nous calculons la pression osmotique d'après la loi de Van t'Hoff. Elle nous donne au cas d'une solution électrolytique:

$$\tilde{\omega} = RT\,\frac{i\,C}{M}$$

R = Constante des gaz parfaits = 0,08207 (litre atmosph., degré[1], moléc., gr.[1])

T = Température absolue =

273 + 51° au bain

273 + 65° au sondage

Pression osmotique.

$\tilde{\omega}$ = 12,47 atmosphères à 65° temp. du sondage

12,32 „ à 51° „ du bain

III. *Conductivité.*

La mesure de conductivité a été faite directement sur le sondage et sur l'eau des bains à son émergence.

	Sondage à 63°	Bain à 51°
Conductivité	0.0178 (moyenne)	0.0238

D'autre part nous avons fait des mesures sur de l'eau refroidie à 20° et obtenu les résultats suivants:

Sondage	0.0159 (moyenne de plusieurs mesures à dates différentes v. page 22.
Bains à 20°	0.0182

Au moyen de la conductivité de l'eau intacte et d'une série d'échantillons obtenus en diluant de l'eau, on peut calculer le degré de dissociation de l'eau en appliquant la formule suivante:

$$\alpha = \frac{\lambda_E \times C_\infty}{\lambda_\infty \times C}$$

α =degré de dissociation

λ_E =conductivité de l'eau de Pechelbronn

C =concentration de l'eau intacte

λ_∞ =conductivité de l'eau de Pechelbronn correspondant à la dissociation totale des electrolytes, pratiquement réalisée en diluant 100 fois l'eau de Pechelbronn avec de l'eau bidistillé.

C_∞ =concentration de l'eau de Pechelbronne diluée à l'eau distillée pour la mesure.

Nous obtenons α (Eau diluée 50 fois) 51 % à 20°.

Coefficient d'ionisation.

Nous comprenons sous coefficient d'ionisation le facteur, par lequel il faut multiplier le nombre de molécules théoriques pour obtenir le nombre total de particules effectives. (Ions et molécules.)

Coefficient i est donné par la formule

$$i = 1 + (\lambda - 1)\alpha$$

λ =le nombre d'ions donnés par la molécule. L'analyse chimique a montré nettement que la plupart des sels sont des chlorures, le nombre d'ions donné par une molécule est donc de 2.

Résultat: i =1.51

IV. *P^H — Réserve alcaline.*

Le P^H a été déterminé par la méthode colorimétrique à l'aide du colorimètre à double biseau (1).

Résultats sondage P^H=6.41

bain P^H=6.18

En vase ouvert le P^H de l'eau tend progressivement vers une valeur limite comprise entre 7, 8 et 8.

La réserve alcaline a été déterminée par la méthode de Mac Clendon (2).

Nous avons fait bouillir de l'eau de manière à chasser tous les gaz, avons ramené au volume initial avec de l'eau distillée et nous avons pris le P^H. La valeur obtenue est de 8,2 (début du rose à la phénol-phtaléine.

Dans ces conditions l'eau cesse d'être monophasique, elle présente un précipité ocré.

---

(1) voir Vlés: Notes sur la mesure spectrophotométrique du P^H. (Archives de physique biologique, Vigot 24).

(2) Mac Clendon The standarisation of a new colometric method for the determination of the H+ion. Journ. Biol Chem. 1917.

Le coefficient de réserve alcaline est égal au nombre total de cc d'H Cl $\frac{N}{100}$ dont l'introduction dans 100cc d'eau minérale a été nécessaire pour produire le virage stable à l'ébullition de 0.5cc d'une solution Brom-cresol-pourple à 0.04%.

Résultats:

51.0 pour le sondage
55.7 pour le bain.

V. *Indice de réfraction.*

déterminé au réfractomètre de Ferry.

23. 12. 29	1.3360	à 20°
12. 1. 30	1.3359	à 20°
21. 1. 30	1.3359	à 20°
5. 2. 30	1.3359	à 20°

VI. *Radioactivité.*

La radioactivité a été déterminée par la méthode de Moureu et Lepape sur le gaz spontanés et sur les eaux du sondage et du bain.

Pour notre captage de gaz, le service technique de la Société de Pechelbronn a bien voulu, sur notre demande, établir un échafaudage sur lequel a été placé une installation gazométrique. Sans ce travail dont nous remercions très vivement MM. les Ingénieurs, des mesures exactes auraient été impossibles.

En effet, tel que le captage est fait, le griffon n'est pas accessible. Aussi a-t-on dû réaliser un griffon artificiel de manière à pouvoir recueillir le gaz. Ce griffon artificiel était constitué par un récipient muni d'un tube en T qui permettait de le mettre en communication soit avec le sondage soit avec le déversoir. Un jeu de clefs placé sur le tube en T

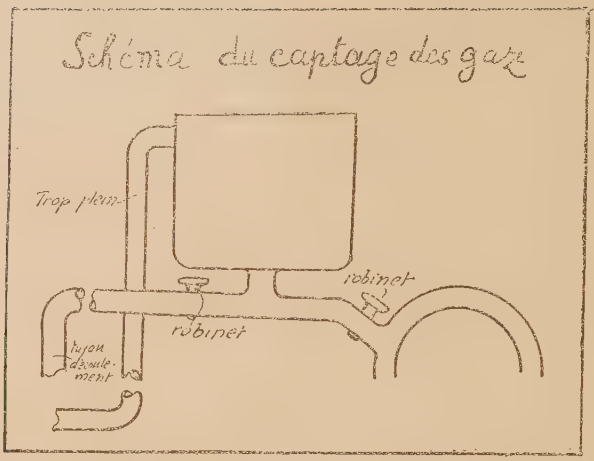


Schéma du captage des gaz
Trop plein
robinet
robinet
tuyau d'écoulement

permettait de régler la vitesse d'arrivée de l'eau, dans le réservoir muni d'un trop plein à la partie supérieure par une tubulure d'écoulement.

Le captage ainsi monté peut être appelé bon, étant donné que nous ne trouvons pas d'oxygene, ou seulement de légères traces. Le captage est donc réalisé de façon à ne pas permettre une rentrée d'air.

Les résultats de nos mesures de radioactivité ont été:

Gaz	15.68	milli microcuries
Eau sondage	1.51	milli microcuries
Eau bain	0.503	milli microcuries

Fresenius en avril 1910 a mesuré la radioactivité de l'eau par la méthode du fontanoscope, il a trouvé 2,94 Mach-Einheiten ce qui converti en milli microcuries donne 1,176, résultat un peu inférieur au nôtre, mais du même ordre.

Czako et Lautenschläger en avril 1912 ont trouvé 17.000 voltheures pour le gaz, 80 voltheures pour l'eau. Traduit en millimicrocuries, cela donne

pour le gaz	0.27	millimicrocuries
pour l'eau	58.9	millimicrocuries

chiffres très différents de ceux que nous avons obtenus, mais la méthode employée à cette époque (Fontanoscope)) ainsi que son mode de prélèvement des gaz sont critiquables.

Nous avons essayé des mesures approximatives du débit gazeux n'ayant pas un dispositif qui nous permette de conduire la totalité du gaz dans un gazomètre. Nous avons trouvé 0 m^3 208 à l'heure chiffre inférieur à la réalité. M. Haas a trouvé en septembre 1919 0.4 m^3 à l'heure.

Dans ces conditions, en nous servant de notre mesure qui exprime sûrement un débit gazeux minimum, nous pouvons dire que

l'horo radioactivité est de $15,7 \times 208 =$
$= 3.265,6$ millimicrocuries

et avec le chiffre de M. Haas,

$15,7 \times 400 = 6.280$ millimicrocuries

ce qui est un chiffre assez considérable.

Connaissant le débit de l'eau (1), nous trouvons comme hororadioactivité de l'eau 18 120 millimicrocuries au sortir du griffon et 6 036 millimicrocuries à l'installation actuelle.

Ces chiffres élevés permettent de classer l'eau de Pechelbronn parmi les eaux radioactives. La radioactivité est comparable à celle de Bourbon-Lancy (1).

Nous voyons que la puissance radioactive du gaz est de 0.435, de l'eau de 0.837.

Donc pour soutenir ce débit total d'émanation, il y aurait 1,272 gr. de radium.

Tableau de comparaison

Hororadioactivité des gaz thermaux (2)	**Millimicrocuries**	**Puissance**
La Bourboule	492.420	65.65
Bourbon Lancy	948	0.125
Aix-les-Bains	1.086	0.146
Pechelbronn	6.280	0.837

(1) Nous n'avons pas fait des mesures personnelles sur le débit de l'eau et nous avons utilisé les mesures données par Fresenius et contrôlées à plusieurs reprises.

(2) K. Frenkel — v. Piéry — Milhaud: Les eaux minérales radioactives. Doin 24.

Résumé de l'examen physico-chimique

Pour permettre des comparaisons faciles, nous avons rassemblé en un tableau les résultats obtenus par l'eau du sondage et du bain.

	Eau sondage	Eau bain
Densité	1.009(7)	
Abaissement cryoscopique	0.84 (moy.)	0,88(5) (3)
Concentration moléculaire	0.45	0.47
Pression osmotique	12.47	12.32
Conductivité 63°	0.0178	(51° 0.0238
20°	0.0154 (moy.)	(20° 0.0182
Degré de dissociation 20°	51%	
Eau diluée 50 fois		
Coefficient d'ionisation	1.51	
pH	6.4(1)	6.1(8)
Réserve alcaline	51.0	55.7
Indice de réfraction	1.3359	
Radioactivité (gaz	15.68	
(eau	1.51	0.503

Conclusion de l'examen physico-chimique

La source au bain apparaît comme plus concentrée et plus acide qu'au sondage. L'acidité plus élevée se comprend, puisque l'eau a une température plus basse et peut dissoudre plus de gaz carbonique à son émergence.

---

(1) Remarquons au sujet de la radioactivité que si l'huile brute des sources n'est pas radioactive, par contre le gaz qui l'accompagne l'est faiblement.

(3) Nous n'avons qu'une mesure pour le bain notons que le jour où cette mesure a été faite, le △ pris sur l'eau du sondage a été: première mesure 0.87, deuxième mesure 0.86.

Il est possible aussi que pendant son passage dans les tuyauteries, l'eau ait dissout quelques éléments changeant sa constitution. Notons que la radioactivité est au bain le tiers de ce qu'elle était au sondage.

En résumé, l'eau apparaît d'après ses constantes physico-chimiques comme une eau assez fortement concentrée, relativement peu dissociée en ions, acide, de réserve alcaline assez élevé pour une eau salée et radioactive.

Analyses chimiques

Eau

Les premières analyses de l'eau ont été faites en avril 1910 par le professeur *Fresenius* de Wiesbaden. Ses résultats ont été les suivants:

Sondage 1266
Profondeur 938 m.
Débit 200 1/min.
Tempér. 65°
Densité 1.007

Un kilog eau minérale contient (en supposant que le précipité d'hydroxyde de fer était dissous sous forme de carbonate de fer avant l'expédition des échantillons):

Cations	ions	millimolec.	milligramme équivalente
Anions			
K	0.3481	8.902	8.902
Na	3.123	136.2	136.2
Ca	0.7884	19.67	39.33
Fe	0.06048	1.083	2.166
Mg	0.09033	3.714	7.428
			194.0
He	5.146	152.7	152.7
HO	1.240	12.90	25.81
HC^3	0.9445	15.48	15.46
H^2Sio3	0.06120	0.7816	
	12.08		194.0

	gr/kg
Chlorure de sodium Na Cl	7.961
Chlorure de potassium K Cl	0.6638
Chlorure de calcium $Ca Cl^2$	0.4241
Sulfate de calcium $Ca SO^4$	1.757
Bicarbonate de Ca $Ca (HCO^3)^2$	0.4770
Bicarbonate de Mg $Mg (HCO^3)^2$	0.5435
Bicarbonate Fe $Fe (HCO^3)^2$	0.1926 (1)
Silice hydratée $H^2 SiO^3$	0.06120
Total	12.081

En 1924 le professeur *Sartory* a publié les résultats suivants d'une nouvelle analyse:

L'eau est légèrement alcaline au tournesol et à la phtaléine du phénol (2).

Résidu sec à 180° de 1 litre eau évaporée est de 12 gr 25/litre;

Résidu au rouge sombre 11 gr 41/litre

Ions positifs		*Ions négatifs*	
Potassium K	0.353	Chlore Cl	5.220
Sodium Na	3.170	Ion sulfurique	1,250
Magnesium Mg	0.096	Soufre de H^2S	traces
Calcium Ca	0.797	Ion azotique NO^3	traces
Fer-Fe	0.06	Ion carbon. CO^3	0.427
Ammonium NH^3	0.0005		

Matières organiques en oxygène consommé 0.006

(1) Il faudrait peut-être un jour refaire l'analyse en ce qui concerne le fer. Le chiffre donné pa rles auteurs classereaient parmi les sources les plus ferrigineuses. La source la plus ferrigineuse de France est La Baudre en Savoie avec 14 mmgr. de fer *Chauvet* Eaux minérales de France (Storck Masson), et Pechelbronn en aurait 19.

(2) Nous sommes étonnés de cette alcalinité faible de l'eau, étant donné que nous avons trouvé une faible acidité.

Réaction des oxydases

	Réaction
Eau + teinture de Gaïac	positive
Eau + teinture de Gaïac + eau oxyg.	positive
Eau + réactif de Mayer	négative

Essais hydrotimétriques

L'eau essayée précipite en grumeaux insolubles la solution de savon; elle est impropre au savonnage et paraît être également impropre à la cuisson des aliments.

Degré hydrotimétrique total	50
Degré hydrotimétrique permanent	44.0

En mai 1924, M. *Groh* a analysé les halogènes de l'eau thermale. Il a trouvé

Cl	6.73	par	litre
Br	0.0326	»	»
J	0.0005	»	»

Ces chiffres sont d'un très grand intérêt étant donné que l'on a l'habitude de caractériser les eaux salées rencontrées dans les gisements du pétrole par leur teneur en Cl et Br.

On rencontre une moyenne de

1-2 milligr. Jode par litre
100 milligr. Br » »

Ces chiffres permettent donc de différencier nettement l'eau thermale des eaux salées des gisements du pétrole: L'eau thermale contient beaucoup moins d'iode et de brome ainsi que beaucoup plus de sel.

Nous trouverons la confirmation de ce dernier fait dans le tableau ci-dessous:

	Ober-Kutzenhausen	Soultz s. F.	Kutzen-hausen	Pechel-bronn	Preusch-dorf	Sources thermales	
						Morsbronn	**Pechelbronn**
N° du sondage	357	445	457	II	547	GGH	**1266**
Profondeur de la source	219 m	178 m	140 m	513 m	267 m	450 m	**940** m
Débit en litre par minute à l'origine	13 l	—	—	20 l	—	2000 l	**200** l
Température de l'eau	18°	24°	30°	—	—	42—45°	**65°**
Analyse faite par	Ed. Willm, professeur à l'Université de Lille					Strasb. Haenle	Wiesbaden Fresenius
Date de l'analyse	Mai 1893	Mai 1893	Mai 1893	Déc. 1895	Avril1897	Avril 1906	Avril 1910
Composition chimique	**GRAMMES PAR LITRE**						
Chlorure de sodium	6.3000	4.7340	17.1440	57.7395	63.090	1.666	**7.961**
„ de potassium	0.0931	—	0.2600	0 4552	—	0.152	**0.664**
„ de magnésium	0.2822	—	0.8430	6.0700	8.0510	—	—
„ de calcium	0.0289	—	0.0100	13.9250	2.652	—	**0.424**
„ de lithium	—	—	—	0.1700	—	0.001	—
Promure de sodium	0.0464	0.0185	0.1585	0.4816	existe	—	—
Jodure de „	traces	traces	traces	—	traces	0.0002	—
Sulfate de „	—	0.0688	—	0.3060	—	—	—
„ de potassium	—	—	—	2.0400	—	—	—
„ de calcium	—	—	—	0.9600	1.293	0.326	**1.757**
„ de magnésium	—	0.0156	—	—	—	0.078	—
Carbonate de calcium	0.2575	0.1632	0.2550	—	—	—	—
„ de magnésium	0.0590	0.0773	0.0320	—	—	—	—
Bicarbonate de calcium	—	—	—	—	—	0.289	**0.477**
„ de magnésium	—	—	—	—	—	—	**0.544**
„ de fer	traces	traces	traces	traces	—	0.036	**0.193**
Azotate de sodium	—	—	—	—	—	0.0005	—
Silice hydratée	0.0120	0.0126	0.0160	0.2334	—	0.020	**0.061**
Hydrogène sulfuré	—	—	—	—	0.013	—	—
Argile	—	—	—	—	—	—	—
Total	7.0791	5.0900	19.7185	82.4023	—	2.57	12.08
Résidu sec	7.2230	5.0651	19.9050	82.4860	—	—	—

Gaz

En 1912 (1) Czako a fait une analyse des gaz, recueillis en pipettes et analysé sur mercure.

H^2S	traces (feuilles mouillées d'Acétate de Plomb)	
CO^2	47.75	
$C^n H^m$	0	
O^2	0.10	traces (lettre V. 12)
CO	0	
H^2	0	
CH^4	5.65 — 5.67	
C^2H^6	—	
N^2	46.17	N^2 + gaz rares = 46.55
He	0.38	
	100	

$C^n H^{2m+2}$ 5.65

A ce moment, il a mesuré une température de l'eau de 67° C (chiffre isolé).

L'analyse de Sartory de 1924 nous donne:

Gaz libres dissous

Acide carbonique CO^2	20^{cc}	par litre
Oxygène	6^{cc}	» »
Azote	10^{cc}	» »
Acide sulfhydrique	traces	

En 1920 (2) Lepape a fait l'analyse des gaz spontanés. Il a trouvé:

Gaz carbonique	26.05%
Oxygène	0.
Gaz combustibles	6.77
Argon et traces de Krypton et Xénon	0.78
Hélium et traces Néon	1.09
Azote	65.31

(1) E. Czako: Beiträge zur Kenntnis natülicher Gasausströmungen Karlsruhe 1913.

(2) Ch. Moureu-A. Lepape. Les gaz rares des gaz naturels d'Alsace-Loraine. Compte rendu des séances de l'Académie des Sciences, séance du 15 novembre 1920).

M. Nicloux n'a pas trouvé d'oxyde de carbone (1). La sensibilité de sa méthode est grande, il nous dit qu'en opérant sur 2.500 cc, il trouve le résultat suivant: Si le gaz contient de l'oxyde de carbone, sa proportion est inférieure à $\frac{1}{400000}$.

Lepape a comparé ces résultats aux analyses de gaz de sources de pétrole qu'il a trouvé très différents de ceux de la source thermale.

	Puits N° . .	Gaz des fissures
CO^2	0.30	traces
O^2	traces	0
Gaz combust.	97	98
Argon + traces de Krypton et Xénon	0.049	0.032
Hélium + traces Néon		
Azote	2.56	1.56

Calculé sur le débit de 0.4 m^3/h, la source thermale dégagerait 104 litres d'hélium par jour. Lepape trouve ce chiffre très remarquable et propose d'exploiter l'Hélium de la source thermale.

Notons à ce propos qu'il s'est fait entre l'eau et le gaz un équilibre stable. Ceci est démontré facilement par notre prélèvement d'échantillons. Les échantillons prélevés en présence de gaz restent absolument clairs, tandis que ceux prélevés avec de l'air se troublent après quelque temps et montrent un précipité ocré de fer et sans doute d'autres éléments.

Nous avons rassemblé quelques analyses de gaz accompagnant plusieurs eaux minérales pour permettre une comparaison.

Toutes ces analyses ont été faites sous les auspices de la Commission de l'Hélium fondé par le Ministère de la Marine en juin 1919.

(1) Nicloux: Recherche de l'oxyde de carbone dans les ganz spontanés des sources thermales. Ann. Hydrol. Climatol. Janv. Mars 1926.

Sources	Débit gaz.		Gaz com-bust.	Azote	Gaz rares			Eman.
	CO^2	O^2			en bloc	Argon	Hélium	
Vichy *Grande grille*	99.47	0.08	—	0.43	0.0190	0.017	0.008	0.30
La Bourboule *Choussy*	94.5	traces	0.05	5 34	0.11	1.10	0.01	161.4
Bourbon-Lancy *Lynb*	4 9	0.53	traces	91.654	2.96	1.08	1.835	13
Ex-les-Bains *Souffre*	4	néant	traces	94.79	1.21	1.18	0.03	—
Pechelbronn	26.0	néant	6 77	65,31	1.87	0.78	1.09	15

	Débit total par an	Débit Argon par an	Déb. Hélium par an
La Bourboule . . .	30.484.800	484	3.048
Bourbon-Lancy . . .	547.500	6.077	10.020
Pechelbronn	3 504.009	27.000	37.900

Pour interpréter cette analyse de gaz, nous donnons d'après Moureu et Lepape (1), dans un premier tableau, l'analyse de gaz spontanés de quelques sources et, dans un second tableau, le débit total, le débit en Argon et en Hélium par an.

De la comparaison de ces divers chiffres, nous pouvons déduire que les gaz de Pechelbronn renferment une assez grande quantité de CO^2, un pourcentage assez important de gaz rares — moins que Bourbon-Lancy, mais plus que Aix-les-Bains, La Bourboule et Vichy. Parmi ces gaz rares, c'est l'Hélium et les gaz légers qui sont plus abondants que l'Argon et les gaz lourds (même type de constitution que les gaz de Bourbon-Lancy, type inverse de la Bourboule ou d'Aix).

En outre, si l'on étudie les rapports des proportions en volume de l'Argon à l'Azote dans les gaz de la source thermale on trouve: $\frac{A}{N^2} \times 10^2 = 1{,}94$. La valeur moyenne est 1,98 et on connaît l'intérêt de la constance de ces rapports pour la théorie astrophysique de Moureu et Lepape.

Ainsi que ces auteurs le font remarquer, dans leurs note, ils ont retrouvé dans les gaz de Pechelbronn les relations antérieurement établies par eux. Pour ce qui est du rapport de l'Hélium à l'un quel-

(1) Professeur Charles Moureu: Les gaz rares des gaz naturels. (Chemical Society, séance du 14 juin 1923).

conque des autres gaz, azote, argon, les auteurs précédents ont établi qu'il n'y avait pas de constance et ils ont interprété ce fait en rappelant que l'Hélium se produi aux dépens des corps radioactifs contenus en plus ou moins grande abondance dans les roches. Le rapport Hélium à l'azote est, dans la

source thermale de Pechelbronn, $\frac{He}{N^2} \times 10^2 = 1{,}670$

$$\frac{He}{Argon} = 1{,}389$$

Ils donnent aussi le rapport suivant:

$$\frac{\frac{Argon}{Azote}\ (gaz)}{\frac{Argon}{Azote}\ (air)} = 1 \text{ pour la source}$$

et le rapport:

$$\frac{\frac{Hélium}{Azote}\ (gaz)}{\frac{Hélium}{Azote}\ (air)} = 2412$$

$$\frac{\frac{Hélium}{Argon}\ (air)}{\frac{Hélium}{Argon}\ (gaz)} = 2394$$

Tous ces rapports établissent la très grande richesse de la source en Hélium comparée à l'air atmosphérique.

Etude bactériologique

M. Sartory a fait un examen bactériologique complet de l'eau de Pechelbronn en 1924.

Vingt cultures ont été faites sur gélatine dont dix avec 1^{cc} d'eau pure chacune et les dix autres avec 1^{cc} d'eau diluée au 1/10^{e}.

Les cultures au 1/10^{e} sont restées stériles après quinze jours; huit cultures effectuées avec de l'eau pure sont restées stériles, deux présentent chacune une colonie de pénicillum glaucum.

Les recherches du colibacille, du bacille d'Eberth sont négatives, les cultures anaërobies sur gélatine glucosé n'ont donné aucun développement.

C'est ainsi que M. Sartory a pu conclure que l'eau de Pechelbronn doit être regardée comme très pure au point de vue bactériologique.

Indications thérapeutiques

L'eau de Pechelbronn se présente donc comme une eau hyperthermale (65°, assez fortement concentrée (12 gr. par litre) et contenant principalement du chlorure de sodium et du sulfate de calcium. Elle appartient au groupe des eaux à la fois chlorurées et sulfatées.

Suivant la classification de notre maître Paul Blum, l'eau de la source des «Hélions» appartiendrait au groupe diurétique stimulant, mais en même temps, elle serait énergétique.

C'est ainsi qu'elle s'apparente aux eaux de Bourbonne-les-Bains, de Montdorf, de Korbous, de Wiesbaden, de Kissingen, de Hombourg ainsi que le montre le tableau ci-dessous qui se trouve dans un travail de notre maître le professeur Paul Blum, consacré à cette source thermale.

	Pechelbronn (Hélions) T = 65°	Wiesbaden (Kochbrunnen) T = 68°	Bourbonne les Bains T = 60°	Balaruc T = 48°	Kissingen T = 9,3°	Hombourg (Elisabeth) T = 10°
Chlorure de sodium .	**8,140**	6,835	5,202	7,045	5,271	9,860
Chlorure de potassium	**0,665**	0,145	0,199	—	0,502	0,346
Chlorure de calcium .	**0,438**	0,470	0,078	—	—	0,687
Sulfate de calcium. .	**1,654**	0,090	1,398	0,996	0,576	0,016
Bicarbonate de calcium	**0,490**	0,418	0.074	0,835	1,392	2,176
„ de magnésie	**0,525**	0,010	0,003	0,216	0,034	0,002
„ de fer	**0,200**	0,005	0,002	0,001	0,058	0,031
Silice hydratée . . .	**0,063**	0,059	0,074	0,022	0,019	0,02
Total (en grammes)	**12,175**	8,454	7,239	10,168	9,442	13,986

Fresenius dans une communication adressée en 1910 au directeur de la Société de Pechelbronn établit la comparaison suivante entre l'eau de Pechelbronn et différentes stations allemandes:

	K	Na	Ca	Mg	Cl	SO^4	Total en gr/l
Wiesbaden Kochbrunnen . .	0,090	2,692	0,346	0,050	4,656	0,062	8,586
Hombourg Elisabethbrunnen	0,143	3,061	0,692	0,148	5,676	0,024	11,251
Hombourg Kaiserbrunnen .	0,132	2,828	0,572	0,121	5,160	0,012	10,077
Kreuznach Elisabethquelle .	—	4,156	0,765	0,069	7,908	—	13,63
Kreuznach Viktoriaquelle. .	0,075	4,162	0,735	0,080	7,836	—	13,364
Dürckheim Virgiliusquelle .	0,046	4,055	0,723	0,127	7,797	0,010	13,62
Dürckheim Bleichbrunnen .	0,041	5,135	0,790	0,062	6,276	0,023	10,622
Pechelbronn . . .	**0,348**	**3,132**	**0,788**	**0,090**	**5,146**	**1,240**	**12,08**

	gr/kg
Kreuznach Elis.	13.63
Kreuznach Victoria	13.34
Dürkh. Virgil	13.02
Pechelbronn	12.08
Homburg Elisab.	11,251
Durkh. Bleich	10.622
Hombourg Kaiserbr.	10.077
Wiesbaden Kochbr.	8.586

K	gr/kg
Pechelbronn	0.348
Hombourg Elisab.	0.143
Hombourg Kaiserbr.	0.1321
Wiesbad. Kochbr.	0.090
Kreuznach Vict.	0.075
Dürkheim Virgil.	0.046
Dürkheim Bleich.	0.041

Na	gr/kg
Kreuznach Elis.	4.156
Kreuznach Vict.	4.162
Dürkheim Virgil.	4.055
Dürkheim Bleich.	3.135
Pechelbronn	3.132
Hombourg Elis.	3.061
Hombourg Kaiserbr.	2.828
Wiesbaden Kochbr.	2.692

Ca	gr/kg	Mg	gr/kg
Dürkheim Bleich.	0.790	Hombourg Elisab.	0.148
Pechelbronn	0.788	Dürkheim Virgil.	0.127
Kreuznach Elis.	0.765	Hombourg Kaiserbr.	0.121
Kreuznach Vict.	0,735	*Pechelbronn*	0.090
Dürkheim Virgil.	0.723	Kreuznach Vict.	0.080
Hombourg Elisab.	0.692	Kreuznach Elis.	0.069
Hombourg Kaiserbr.	0.572	Dürkheim Bleich.	0.062
Wiesbaden Kochbr.	0.346	Wiesbaden Kochbr.	0.050

Cl	gr/kg	SO^4	gr/kg
Kreuznach Vict.	7.908	*Pechelbronn*	1.240
Kreuznach Elis.	7.846	Wiesbaden Kochbr.	0.062
Dürkheim Virgil.	7.797	Hombourg Elisab.	0.024
Dürkheim Bleich.	6.276	Dürkheim Bleich.	0.023
Hombourg Elisab.	5.676	Dürkheim Virgil.	0.016
Hombourg Kaiserbr.	5.160	Hombourg Kaiserbr.	0.012
Pechelbronn	5.146	Kreuznach	—
Wiesbaden Kochbr.	4.656	Kreuznach	—

De ces diverses comparaisons, il ressort que Pechelbronn est relativement la plus riche en potassium, de même qu'en SO^4, elle a une teneur relativement élevée en calcium et une teneur moyenne en magnésium.

En comparant Pechelbronn aux sources françaises, c'est surtout avec Bourbonne-les-Bains qu'un parallèle peut être fait.

Nous ne ferons pas de comparaison avec la source de Moyeuvre, eau chaude, mais beaucoup moins minéralisée que Pechelbronn, ni avec celle de Sierck et de Montdorf, eaux de minéralisation totale comparables, mais froides.

Nous ne ferons pas non plus la comparaison avec Morsbronn qui est beaucoup moins minéralisé (2,3 contre 12 gr. de minéralisation par litre) et qui a une température moins élevée.

Géographiquement les deux localités Bourbonne et Pechelbronn ne sont pas très éloignées l'une de l'autre; les deux sources proviennent du trias vosgien.

C'est avec l'eau de Bourbonne que l'eau de Pechelbronn présente les analogies les plus complètes. Aussi faute d'une littérature suffisante sur les effets thérapeutiques de la source de Pechelbronn, allons-nous nous efforcer, de procéder par comparaison pour fixer en quelque sorte *a priori* les indications principales de cette intéressante station. Il est très probable qu'un important hôpital thermal, utilisera un jour prochain une eau qui se recommande par tant de qualités variées. Il appartiendra au médecin de cet hôpital d'établir d'une façon définitive les indications de cette nouvelle station. Notre rôle pour l'instant va se borner à esquisser les vertus probables de cette eau encore insuffisament et incomplètement utilisée. Sa grande richesse en potassium, sa haute teneur en sulfate et bicarbonate calciques lui préparent à coup sûr une place très spéciale dans l'ensemble de notre domaine thermal. Il est certain qu'elle rendra les plus grands services à la thérapeutique, elle a cet énorme avantage que hyperthermale et radioactive, elle agira à la manière des eaux énergétiques dont on sait les propriétés sédatives et que fortement calcique et chlorurée, elle pourra, prise à l'intérieur, avoir une action de premier ordre sur le métabolisme général, par son action sur l'intestin, sur le foie et les reins.

Pour rendre plus facile la comparaison avec Bourbonne, nous avons ramené les données des deux analyses à un gramme de minéralisation totale.

en gramme par litre

	Pechelbronn	Bourbonne
Na Cl	0.65	0.71
SO^4 Ca	0.12	0.19
K Cl	0.05	0.026
$Ca Cl^2$	0.033	0.01
Bicarb. Ca Mg	0.083	0.010
Fe	0.058	0.000274
En tout (sels par litre)	12 gr.	7.33
Na Cl	7	5.2
SO^4 Ca	1.767	1.39

Il ressort de ce parallèle que, par rapport à sa minéralisation totale, Pechelbronn est moins riche que Bourbonne en chlorure de sodium et en sulfate de calcium, mais plus riche en chlorure de potassium, en bicarbonate de calcium et de magnésium. Donc c'est une eau moins salée en donnant à ce mot le sens de chlorurée sodique, légèrement moins sulfatée, mais plus riche dans les autres éléments dissous et particulièrement en potassium et magnésium. Pechelbronn est au total plus concentrée que Bourbonne.

D'autre part les gaz de Pechelbronn sont beaucoup moins radioactifs que ceux de Bourbonne, l'ordre de grandeur de la radioactivité de l'eau étant à peu près comparable (1).

En somme comparée à la fois aux sources allemandes et françaises et surtout à Bourbonne, c'est la teneur exceptionnellement élevée en potassium qui semble caractériser Pechelbronn.

Il est certain que des eaux telles que celles de Pechelbronn ou de Bourbonne ont des propriétés qui tiennent à la fois de leur température et de leur minéralisation.

(1) Chevallier et Delacroix ont donné pour le gaz 82 millimicrocuries par litre (communication à l'Académie de Médecine, 3 Juillet 1928).

Indications dans le rhumatisme

L'eau de Pechelbronn qui est hyperthermale, riche en hélium et radioactive, doit agir comme les eaux similaires sur les affections douloureuses des muscles des nerfs et des articulations. C'est ainsi qu'elle sera indiquée dans toutes les affections rhumatismales; que celles-ci suivant la classification de Paul Blum (1) soient diathésiques, dyscrasiques ou neurotrophes, ou encore dans les séquelles des rhumatismes toxi-infectieux, lorsque ceux-ci ont déterminé des raideurs articulaires, et laissé des douleurs persistantes.

Telle est sans doute l'indication fondamentale de l'eau de Pechelbronn; elle paraît confirmée par l'expérience, car depuis que la source existe, nombreux sont les rhumatisants qui sont venus lui demander de les soulager ou de les guérir.

Mais si cette eau a des propriétés sédatives dont bénéficient les algies de toute nature, elle est en même temps stimulante par sa richesse en chlorure de sodium. C'est ainsi que comme Bourbonne-les-Bains, elle sera particulièrement indiquée dans les séquelles de traumatisme, que celui-ci ait porté sur les nerfs, les articulations ou les os. On sait les heureux effets de Bourbonne sur les suites de fractures, nous en parlerons dans un instant. On est en droit de penser que l'eau de Pechelbronn donnera les mêmes résultats. C'est une bonne fortune dans un pays aussi industriel que l'Alsace d'avoir à sa disposition une source susceptible de soulager rapidement les douleurs post-traumatiques et de restaurer en quelques semaines des incapacités de travail qui,

(1) Paul Blum Strasbourg-Médical III. 30 Considérations cliniques, économiques et sociales sur les affections rhumatismales et le moyen de les combattre.

sans le traitement thermal, persisteraient pendant des mois et quelquefois même indéfiniment. C'est un avantage aussi, dont pourrait bénéficier le réseau d'Alsace et de Lorraine où comme dans tous les autres réseaux, les agents sont exposés à de fréquents accidents. Aussi, rien que pour cette raison, la source de Pechelbronn ne saurait rester inemployée et devrait le plus tôt possible posséder une installation balnéaire en rapport avec son efficacité.

On n'est pas encore très fixé sur le mode d'action de ces eaux énergétiques, mais les nombreux travaux consacrés dans ces dernières années à l'étude de la radioactivité laissent à penser que celle-ci doit jouer un certain rôle dans l'action sédative des eaux du type Pechelbronn, Bourbonne, Bourbon-Lancy.

L'action de la radioactivité dans le rhumatisme a été bien étudiée en France par Teissier et Rebattu, en Allemagne par His et Falta (1).

Cet auteurs ont traité leurs malades en émanatorium surtout par la méthode inhalatoire. Ils ont donné la préférence aux petites doses, commençant leurs cures par 20 Mache-Einheiten ou 8 millimicrocuries et augmentant progressivement leurs doses qui atteignent jusqu'à 40 millimicrocuries. Dans certains cas, ils ont forcé les doses et sont allés jusqu'à 240 millimicrocuries. Ils insistent sur la notion que le traitement doit se faire très progressivement, en surveillant les réactions articulaires.

Il y a, en effet, des cas défavorables où à chaque tentative d'augmentation de la dose survient une réaction, et pour lesquels il faut être très prudent. Le temps de l'inhalation est en général de deux heures.

(1) Piéry-Milhaud les eaux minérales radioactives. Doin 1924.

Nous voyons donc que les gaz de Pechelbronn pourraient être un précieux agent de cure. S'il ne réalisent pas les doses maxima données par les auteurs précédents, on peut y remédier en prolongeant les séances d'inhalation.

Parmi les formes cliniques, c'est surtout sur le *rhumatisme chronique* dans ses formes subaiguës exsudatives avec exsudat récent que les résultats du traitement à l'émanatorium ont été les meilleurs. On obtient au bout de deux à trois semaines un dégonflement de la fluxion rhumatismale et une amélioration de la mobilité. Les malades se sentent plus forts, le tonus musculaire revient, les douleurs ne tardent pas à disparaître et les malades rerouvent le sommeil.

Certains auteurs (Crémieux et Pappas) ont dit qu'il y avait une augmentation de la diurèse et de l'acide urique excreté, mais ce deuxième fait a été nié par Teissier et Rebattu.

Dans les rhumatismes chroniques déformants les résultats de la cure en émanatorium ont été considérés comme nuls. Les résultats ont été inégaux dans les arthropathies toxi-infectieuses symptomatiques.

Le mécanisme de cette action de l'émation dans le rhumatisme n'est pas encore élucidé. Il y aurait une action vaso-dilatatrice et hypotensive constatée par un certain nombre d'auteurs, mais niée par d'autres. Il y aurait une décharge d'acide urique qui s'est montrée assez constante bien qu'elle ait été quelquefois niée. Enfin il y a une leucocytose passagère suivie d'une leucopénie avec éosinophilie et lobulation du noyau leucocytaire.

Nous donnons ces faits comme pouvant intéresser l'action sur le rhumatisme mais sans pouvoir faire encore une interprétation d'ensemble.

Indications sur la consolidation des fractures

La possibilité d'une action des eaux de Pechelbronn sur la consolidation des fractures découle des travaux consacrés par Delacroix et Dellys à cette question. Ces auteurs ont expérimenté sur les eaux de Bourbonne et ont montré que la cure de cette station trouvait une application intéressante dans le traitement des fractures et de leurs séquelles. Les cas d'amélioration sont très nombreux, lorsque la cure a lieu pendant la convalescence. L'ossification est active, la pseudarthoose est évitée et un cal osseux remplace rapidement le cal fibreux. Ces auteurs donnent des observations confirmées par radiographie et concluent à l'action de la cure de Bourbonne sur l'ostéogénèse. Delacroix conseille de diriger le malade sur Bourbonne dès qu'il est libéré de son appareil, au plus tard au deuxième ou troisième mois, car dans les fractures anciennes l'action de l'eau minérale est nulle. La durée du traitement doit être au moins de 40 jours.

De la similitude déjà exposée entre Bourbonne et Pechelbronn, nous pouvons déduire que l'eau de Pechelbronn dans des cas semblables méritera d'être essayée.

Indication gynécologiques

Une autre indication, extrémement intéressante, est tirée des effets qu'exercent les aux chlorurées sur les affections gynécologiques.

Dans le traitement de ces maladies on emploie en général des eaux chaudes et peu minéralisées telles que Luxeuil, Plombières, et des eaux froides très fortement minéralisées telles que Salies de Béarn et Salins du Jura.

Nous pouvons essayer de préciser dans quels cas l'eau de Pechelbronn, à la fois salée et chaude,

pourra avoir des indications. Dans les cas d'annexite sans grande réaction douloureuse, dans les cas d'endométrite, on a coutume d'essayer d'abord les eaux chaudes de Luxeuil et si celles-ci restent sans effet, de continuer par des eaux stimulantes en commençant par les moins minéralisées (1).

On monte lentement pour aboutir, si cela est nécessaire, aux stations telles que La Mouillère et Salies de Béarn, dont la richesse en chlorures est tout à fait remarquable.

On peut se demander dès lors, si dans cette gamme d'eaux stimulantes, Pechelbronn ne méritera pas un jour une place de premier plan que doivent lui assurer sa thermalité et sa chloruration. C'est ainsi que la source des Hélions nous paraît devoir offrir à la thérapeutique gynécologique des ressources nouvelles particulièrement précieuses pour la région.

Mais à cette thérapeutique balnéaire doit venir s'adjoindre l'usage interne de cette eau à laquelle sa composition chimique confère des propriétés particulières sur le métabolisme général.

Telles sont les indications de l'eau de Pechelbronn ainsi que le fait préssentir sa composition chimique et physicochimique. Mais elles n'ont rien d'absolu ni de définitif. C'est l'expérience qui leur donnera leur véritable valeur. A l'usage viendront peut-être s'ajouter des indications que nous n'avons pas prévues, mais qui ne devront être acceptées que sur le bénéfice d'observations nombreuses et soumises à une critique sévère.

---

(1) Paul Blum, Précis pratique d'Hydrologie. (Istra, Strasbourg, 23).

En attendant que se constitue, en faveur de cette source, une abondante littérature médicale nous donnons ici les opinions des praticiens de la région.

Le docteur Bach anciennement à Soultz, nous a laissé ses expériences recueillies pendant douze années (depuis 1912 jusqu'en 1923). Le docteur Deutsch ainsi que le docteur Westphal tous deux actuellement à Soultz, nous ont de vive voix entretenu sur ce sujet.

Les différents praticiens ont effectivement reconnu l'action de l'eau de Pechelbronn sur le rhumatisme déformant et sur la sciatique, mais pour le rhumatisme, le docteur Bach est d'un avis contraire et cite par contre des actions favorables sur les névralgies intercostales: Il a reconnu également une action déconstipante. Les docteurs Deutsch et Bach ont noté des effets gynécologiques (métrites, paramétrites, petits myomes).

Les fibromes susceptibles d'un traitement hydro-minéral adjuvant s etraitent par des eaux chlorurées froides; mais l'eau de Pechelbronn peut avoir des indications dans les cas de douleurs, par décongestion du petit bassin, donnée comme Bourbonne en irrigation de 2 litres).

A côté de ces indications qui semblent primordiales, Bach donne une série d'indications dermatologiques. Il a ordonné les eaux de Pechelbronn dans les cas de scrofulose, d'obésité, de foie de stase et autres affections qui peuvent éventuellement être traitées. Mais nous ne devons pas oublier qu'il y a d'autres sources plus spécialement indiquées pour ces cas.

Contre-indications

Ce seraient la tuberculose pulmonaire, le cancer (à cause des petites doses d'émanation favorisant son développement), les formes aiguës de la goutte et des crises articulaires.

Dans les cas de lithiase rénale, l'émanation du radium donne quelquefois de l'hématurie.

Technique générale de la cure

La cure balnéaire s'ordonnera en bains plus ou moins prolongés dont la durée devra être fixée par l'expérience. La haute température de l'eau permettra de réaliser toutes les gammes de température.

La plupart du temps, dans les affections seulement douloureuses, les grands bains suivis ou non de massage, constitueront une thérapeutique exclusive. Mais pour les séquelles de traumatisme, pour les raideurs articulaires, pour les algies neuro-articulaires, le bain thermal devra être complété par des douches locales suivant la tchnique de Bourbonne ou d'Aix-les-Bains.

Les affections gynécologiques bénéficieront des bains prolongés, complétés par des douches vaginales.

Pour les névroses essentielles post-traumatiques ou commotionnelles, on aura recours aux bains et aux douches que l'on combinera différement suivant les réactions des sujets.

La cure de boisson complètera le plus souvent le traitement balnéaire.

On utilisera l'eau à l'état naturel ou diluée suivant les indications qui figurent dans travail de Paul Blum, G Achard et Tassitsch (1).

(1) Bulletin général de thérapeutique, 4 avril 1929; Recherches sur les modifications physico-chimiques apportées par la dilution aux eaux minérales fortement concentrées.

Dans certains cas de pléthore de congestion hépatique et de constipation par atonie du tube digestif la cure interne pourra constituer le traitement exclusif. Dans d'autres il sera complété par des douches sous-marines sur le foie ou la région épigastrique et par une hydrothérapie méthodique judicieusment adaptée à l'extrême variété des cas cliniques.

Il va sans dire qu'au début on se guidera sur les techniques déjà employées dans les stations qui utilisent des eaux dont la formule thermale, physique et chimique est analogue à celle de la source des Hélions; mais progressivement, en s'aidant des recherches de laboratoire et des réactions des malades, on dégagera la technique particulière du traitement pechelbronnien. On tiendra compte du fait que la haute teneur de cette eau en sels calciques et potassiques, lui confère des propriétés particulières qu'il y aura lieu d'utiliser dans des conditions spéciales. La cure devra être complétée par une installation spéciale physiothérapique et mécanothérapique qui ajoutra ses effets analgésiques et son action sur les atrophies musculaires et les raideurs articulaires aux bienfaits du traitement externe et interne.

En résumé l'eau de Pechelbronn offre des ressources thérapeutiques extrèmement variées, déjà établies par l'expérience, mais qui aidée par le laboratoire et l'observation clinique fixeront petit à petit le mode d'emploi le plus rationnel.

Conclusions

L'eau de Pechelbronn est une eau du trias provenant de la profodeur de 938 m, limite du Hauptmuschelkalk et de la Lettenkohle.

C'est une eau chaude (65° au griffon et 52° au bain) assez fortement minéralisée (12 gr. de minéralisation totale) de pression osmotique assez élevée, hypertonique au sang, relativement peu dissociée, de réaction acide, de réserve alcaline assez forte pour une eau salée, et radioeactive.

Elle contient principalement des ions Cl, SO^4 et Na, K. Ca, Mg. La teneur en ion potassium, relativement à d'autres sources du même type, est assez considérable.

Au point de vue bactériologique, c'est une eau très pure.

C'est une eau chaude, chlorurée sodique et sulfatée calcique, diurétique et stimulante, se rapprochant de Bourbonne en France et de Wiesbaden en Allemagne.

Par comparaison à d'autres sources déjà utilisées, de formule chimique, physique et thermale analogue, l'eau de Pechelbronne employée sous forme de *bains* paraît devoir rendre des services d'abord dans les affections douloureuses de muscles, des nerfs et des articulations, dans toutes les formes du rhumatisme diathésique, dyscrasique et trophonévrotique, puis dans les séquelles de rhumatismes

toxi-infectieux, dans les troubles trophiques moteurs et nevrosiques qui sont la conséquence des traumatismes, dans les états postcommotionnels où le psychisme et l'organicité s'entraident pour créer de graves invalidités.

Employée en *boissons*, l'eau de Pechelbronn tient de sa richesse en calcium et en potassium des propriétés très spéciales qui renforcée par sa richesse en chlorure de sodium doivent lui confier des effets therapeutiques de premier ordre sur la pléthore et sur les meïopragies gastro-intestinales.

Mais c'est l'expérience guidée par la clinique et le laboratoire qui fixeront la formule particulière du traitement pechelbronnien.

Vu: le Président de Thèse: FONTES.

Vu: le Doyen de la Faculté: ANCEL.

Vu et permis d'imprimer:
Le Recteur de l'Académie de Strasbourg:
Chr. PFISTER.

Bibliographie

Paul Blum. — Précis Pratique d'hydrologie, Strasbourg, Istra, 1923.

— Considérations cliniques, économiques et sociales sur les affections rhumatismales et le moyen de les combattre. Strasbourg-Médical, 5 mars 1930, n° 7.

— La source minérale chaude des «Hélions» à Merkwiller-Pechelbronn. (L'Alsace française du 24 février 1929, n° 8).

Paul Blum, G. Achard, Tassitsch. — Recherches sur les modifications physico-chimiques apportées par la dilution aux eaux minérales fortement concentrées. (Bulletin général de thérapeutique du 4 avril 1929).

Chauvet. — Les eaux minérales de France (Storck-Masson).

Mac Clendon. — The standarisation of a new colorimetric method for the determination of the H + ion. Journ. Biol. chim. 1917.

Paul de Chambrier. — Historique de Pechelbronn 1458 à 1918. (Attinger frères, Paris — Neuchâtel).

E. Czako. — Beiträge zur Kenntnis natürlicher Gasausströmungen (Karlsruhe 1913).

Delacroix. — Le traitement thermo-minéral par les eaux de Bourbonne danss les fractures récentes. Ann. Soc. hydr. climat. médic. 1927—28.

— Note sur la radioactivité, l'action thérapeutique et pharmacologique des eaux thermales de Bourbonne-les-Bains, Dijon, 30).

Delacroix-Dellys. — Consolidation retardée des fractures et traitement thermal Bourbonne-les-Bains. Presse thermal et climatique du 15 février 28.
Climatol. Janv.-mars 1926).

M. Gignoux. — Leçons de géologie stratigraphique (Masson 26).

M. Gignoux, C. Hoffman. — Le bassin pétrolifère de Pechelbronn. (Bulletin Serv. Carte géolog. d'Alsace-Lorraine I, 1920).

Guillerd. — Annales d'Hygiène, 1924.

A. Lepape. — Les données numériques actuelles sur la radioactivité des sources thermales françaises. Ann. Instit. Hydrol. Climatol. Janv.-mars 1924.

Prof. Charles Moureu. — Les gaz rares des gaz naturels. Chemical Société, séance du 14 juin 1923.

Ch. Moureu, A. Lepape. — Les gaz rares des gaz naturels d'Alsace-Lorraine. Compte-rendu des séances de l'Académie de Sciences, séance du 15 novembre 1920.

M. Nicloux. — Recherche de l'oxyde de carbone dans les gaz spontanés des sources thermales. (Ann. Hydrol. Climatoll. Janv.-mars 1926).

Olivier. — Travaux pratiques de physique générale. (Libr. Herrmann 1924).

Piery-Milhaud. — Les eaux minérales radioactives (Doin 1924).

Sartory. — Analyse de l'eau minérale de Pechelbronn. Strasbourg-Médical, 19 janv. 1924).

F. Vlès. — Travaux pratiques de physique biologique et de chimie physique. (Vigot, Paris, 1927).

— Notes sur la mesure spectro-photo-métrique du PH (Archives de physique biologique. (Vigot 24-25).

— Précis de chimie physique. (Vigot, 1929).

TABLE DES MATIERES

	Pages
Historique	9
Etude géologique	15
Captage	19
Echantillonnage	21
Etude physico-chimique	23
Analyses chimiques	
Eau	33
Gaz	37
Etude bactériologique	42
Indications thérapeutiques	
Indications	43
Contre-indications	54
Technique générale de la cure	55
Conclusions	57
Index bibliographique	59